中国生态农业学报 2016年6月 第24卷 第6期
Chinese Journal of Eco-Agriculture, Jun. 2016, 24(6): 819−828

DOI: 10.13930/j.cnki.cjea.151169

天山北坡经济带宜耕未利用地开发潜力分区及评价*
——以新疆阜康市为例

曾庆敏[1,2] 刘新平[1,2**]

(1. 新疆农业大学管理学院 乌鲁木齐 830052; 2. 新疆农业大学土地科学研究所 乌鲁木齐 830052)

摘 要 新疆地区拥有比较丰富的未利用地资源, 合理开发利用该区域未利用地在一定程度上有助于缓解日益严峻的人地矛盾和保障区域粮食安全。本研究以阜康市为研究区域, 采用生态位适宜度模型, 选择土壤含盐量、土层厚度、土壤质地、有机质含量、地貌类型、林地覆盖率、灌溉保证率、土壤侵蚀模数、≥10 ℃积温、距离河流距离、流域地均径流量以及年均降水量共12个指标构建评价指标体系, 进行未利用地开发利用适宜性评价。研究结果表明, 阜康市较适宜开发耕地的未利用地(主要包括高度适宜和基本适宜)占未利用地总面积的22.21%, 分布于山前冲积扇中下部和地形较为平坦的地区。勉强适宜的未利用地仅占未利用地总面积的16.36%, 主要分布在北部沙漠边缘和南部山前冲积扇上部。不适宜开发利用的未利用地占未利用地总面积的61.43%, 主要分布于南部的坡地、山前冲积扇边缘以及靠近北部沙漠边缘。在评价结果的基础上选择潜力指数、新增耕地潜力、乡镇未利用地面积、宜耕未利用地开发面积、宜耕未利用地比重、平均地块面积、地块破碎度等指标构成未利用地开发潜力矩阵, 并利用系统聚类分析对未利用地资源进行潜力分区。结果表明, 研究区可以划分为5个潜力区, Ⅰ级潜力区适宜开发未利用地的面积为21 000.97 hm^2, 可以新增耕地潜力为15 222.92 hm^2; Ⅱ级潜力区适宜开发未利用地的面积为12 875.69 hm^2, 新增耕地潜力为10 155.41 hm^2; Ⅲ级潜力区适宜开发未利用地的面积为5 008.84 hm^2, 可以新增耕地潜力为4 165.35 hm^2; Ⅳ级潜力区适宜开发未利用地的面积为878.67 hm^2, 可以新增耕地潜力为753.78 hm^2; Ⅴ级潜力区的未利用地均不适宜开发利用。潜力分区可以从时序和空间上为阜康市未利用地的开发利用提供理论参考, 对未来未利用地差别化开发利用模式的探索具有一定指导意义。

关键词 未利用地 耕地利用适宜性 开发潜力 生态位适宜度 新增耕地 天山北坡经济带
中图分类号: F301.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-3990(2016)06-0819-10

Evaluation of potential of unused land exploitation in Northern Tianshan Mountain Economic Belt
— A case study of Fukang City*

ZENG Qingmin[1,2], LIU Xinping[1,2**]

(1. College of Management, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China; 2. Institute of Land Science, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China)

Abstract Xinjiang region has relatively abundant unused land resources that can be rationally developed and used. This is beneficial to ease the increasingly worsening conflict between people and land and ensure regional food security to a certain extent. This paper chose Fukang City in Northern Tianshan Mountain Economic Belt as the research area and used twelve

* 国家自然科学基金项目(71363054)和新疆农业大学研究生科研创新项目(XJAUGRI2015023)资助
** 通讯作者: 刘新平, 主要从事土地利用与土地生态研究。E-mail: lxping16@163.com
曾庆敏, 研究方向为农村发展与资源管理。E-mail: 1161312911@qq.com
收稿日期: 2015−10−28 接受日期: 2016−03−08

* The study was supported by the National Natural Science Foundation of China (No. 71363054) and the Program for Postgraduate Research and Innovation of Xinjiang Agricultural University (No. XJAUGRI2015023).
** Corresponding author, E-mail: lxping16@163.com
Received Oct. 28, 2015; accepted Mar. 8, 2016

factors to build up an evaluation index system for Fukang City. The twelve factors included soil salinity, soil depth, soil texture, organic matter content, landform, forest cover rate, irrigation rate, soil erosion module, cumulative temperature ≥10 ℃, distance from stream, runoff volume of watershed and annual precipitation. The ecological niche model was used to evaluate the suitability of unused lands converted into arable lands in the study area. The results showed that unused lands (including highly suitable and basically suitable) most suitable for conversion into arable lands accounted for 22.21% of total unused lands in the region. Such lands located in the lower part of piedmont alluvial fans and in relatively flat terrains. Reluctantly suitable unused lands only accounted for 16.36% of total unused lands and were mainly located at the edge of the northern desert and in the upper parts of southern piedmont alluvial fans. Unused lands unsuitable for development accounted for 61.43% and mainly distributed in the southern slopes, the edge of piedmont alluvial fans and the fringe zone close to the northern desert. On the basis of the evaluation results, the paper chose potential index, potential increase in arable land, unused land area in town and sub-town, unused arable land development area, unused arable land proportion, average patch area and patch fragmentation index to build a development potential matrix of unused lands in the study area. Cluster analysis was also used to regionalize unused lands. Based on the research, the study area was divided into five potential zones. Grade I potential zone covered an area of 21 000.97 hm^2 with potential additional arable land area of 15 222.92 hm^2. Grade II potential zone was 12 875.69 hm^2 with potential additional arable land of 10 155.41 hm^2. Grade III potential zone was 5 008.84 hm^2 with potential additional arable land of 4 165.35 hm^2. Also grade IV potential zone was 878.67 hm^2 with potential additional arable land of 753.78 hm^2. Then grade V potential zone of unused lands was unsuitable for exploitation. The regionalization of the unused lands provided the theoretical basis for the development and utilization of unused lands in Fukang City both in time and space scales. It also had some practical significance in terms of future pattern of differential development and utilization of unused lands.
Keywords Unused land; Suitability for arable land; Exploitation potential; Suitability of ecological niche; Newly increased arable land; Economic belt of Northern Tianshan Mountain

随着国家西部大开发战略的深入实施，国家加大了向西部边疆地区的政策倾斜和资金投入力度。新疆地区作为国家新丝绸之路战略下向西开放的门户，在西部大开发中起着十分重要的作用。新疆维吾尔自治区作为中国面积最大的省级行政单位，土地面积约占我国国土总面积的 1/6。2013 年新疆的未利用地面积为 1.022×10^7 hm^2，约占自治区土地总面积的 61.36%，因此，新疆在未利用地的开发利用方面具有较大的潜力。新疆所处的西北绿洲地区是我国典型的生态环境脆弱区域，盲目地开发利用未利用地资源对于脆弱的生态系统会造成不可估量的损失，所以对于未利用地的开发利用必须采取差别化的开发政策[1]。水资源在新疆绿洲地区对于农业发展是一种比较重要的资源，而农业的发展过程中需要消耗大量的水资源，因此，要依据“以水定地，综合开发”的原则，按区域水资源的分布状况来确定未利用地开发的方向与规模。传统的未利用地开发方式只注重开垦出更多数量的耕地，并没有充分考虑未利用地的适宜性以及耕地质量的后期养护。因此，常常会出现未利用地转变为耕地后表层土壤变得稀薄疏松，在防风固沙措施不完善以及农业水资源匮乏的环境下，导致土壤盐碱化、土壤荒漠化、风沙灾害等现象进一步加剧。由此可见，在生态脆弱区开发未利用地应根据未利用地的资源禀赋、开发适宜性以及相关的生态环境条件进行差别化开发。

目前国内学者对于如何有效差别化开发利用存量的未利用地仍处于积极探索阶段，不同的学者采用了不同的研究方法。韦仕川等[2]采用极限条件法和加权指数法对黄河三角洲未利用地进行适宜性评价，在评价结果基础上探讨 7 种未利用地开发利用的模式。倪九派等[3]通过构建区域未利用地开发评价指标体系，利用改进的层次分析法、熵值法以及综合评价法对研究区的开发潜力进行评估，将重庆市的未利用地从开发利用的角度划分为 4 个潜力等级。类淑霞等[4]以山西省大同市为研究区，首先利用模糊综合评价法对全市的生态脆弱性进行评价并进行分区，在生态脆弱性分区的基础上对宜耕的未利用地进行适宜性评价，提出大同市未利用地开发生态风险大且宜耕的未利用地比重较小，要按照一定的空间和时序对宜耕未利用地进行有序开发。吴克宁等[5]基于农用地分等定级的成果，借鉴农用地分等规程中要求选择相关的评价因子，综合评定未利用地资源的质量等别。采用未利用地资源质量等级折算的方法，对不同等别的未利用地开发利用补充耕地的潜力以及粮食产能进行评估，将未利用地开发项目分为 3 个等级，为耕地资源占补平衡政策的落实提供了依据。刘长胜等[6]通过设计未利用地开发评价指标体系，将 GIS 软件和计量模型相结合起来，对广西柳城县未利用地的开发适宜性和空间分布进行了探讨，并将未利用地划为宜农、宜林和不适宜开发 3 类。

天山北坡区域作为新疆传统的绿洲农业耕作区，拥有较好的光、热、水、土等自然条件。但是在加速推进工业化和城乡一体化的进程中，建设用地需求的不断增加导致耕地数量不断减少，耕地质量的降低也直接影响耕地的产能和区域粮食产量。目前，新疆自治区地方政府已经制定了一系列优惠政策鼓励差别化开发利用有条件的国有未利用地，这为新疆广袤的未利用地资源的开发利用提供了必要的政策支持。代兵等[7]从自然、生态和经济的角度，利用GIS 技术对新疆未利用地资源开发的适宜性进行了探讨。范兆菊等[8]基于土地调查数据，依据土地开发利用潜力表达式，计算出新疆地区的开发潜力。以上研究推动了新疆未利用地开发利用研究的深入开展，但并未在开发利用适宜性的基础上探讨开发潜力。未利用地资源转为耕地作为当前经济社会发展过程中保障粮食安全的重要手段，有利于缓解区域建设用地扩展与耕地保护之间的矛盾[9]。本研究以新疆天山北坡经济带上的阜康市为例，采用生态位适宜度模型对该区域未利用地开发的适宜性进行评价，在此基础上计算未利用地开发潜力并进行潜力分区。该研究对提高新疆天山北坡经济带未利用地资源综合效益及促进区域经济可持续发展具有重要指导意义。

1 研究区域概况与数据来源

1.1 研究区域概况

阜康市地处新疆维吾尔族自治区昌吉回族自治州中部地区，位于天山山脉以北和准噶尔盆地以南，地势东南高西北低，地理位置为 87°46′~88°44′E, 43°45′~45°30′N。东面与吉木萨尔县相邻，西临乌鲁木齐市米东区，北接阿勒泰地区福海县。全市下辖 3 个街道办事处、4 个镇、3 个乡，土地总面积 8 444.71 km^2，未利用地面积 179 017.41 hm^2，占土地总面积的21.20%。阜康市的北部荒漠区和南部丘陵区分布着大片的灌木林地和天然牧草地，而未利用地主要分布在南部山区、中部平原和北部荒漠区边缘区域(图 1)。其中，未利用地主要包括其他草地、裸地、盐碱地、沙地、内陆滩涂、河流、湖泊水面以及冰川及永久积雪。河流、湖泊、冰川及永久性积雪等属于难以开发利用的未利用地资源，而占未利用地面积比重较大的其他草地、裸地、盐碱地、沙地以及内陆滩涂可以作为耕地后备资源加以开发利用。

阜康市辖区内共有 7 条主要河流，均发源于天山北麓，主要依靠高山冰川和积雪融化及大气降水补给。由于河流流域地势起伏较小，河流流速缓慢，因此河流的远近较地势高低对于未利用地开发利用影响更大。该地区气候属于典型的温带大陆性气候，

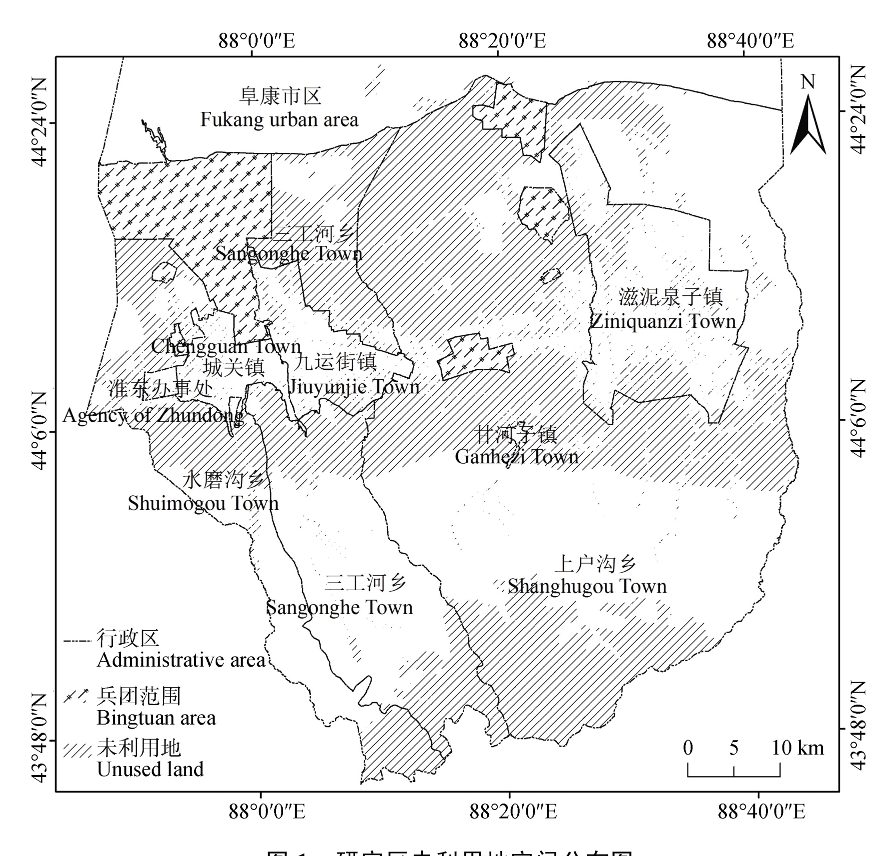


图 1 研究区未利用地空间分布图

Fig. 1 The distribution of unused land in the study area

南部山区降水较多，而北部沙漠区和中部平原降水量稀少，在中部地区以北的区域形成大面积的无流区。土壤类型主要以灌溉灰漠土、灌耕土、潮土、灌淤土、盐渍化土等为主。

1.2 数据来源

本研究所采用的数据资料主要基于国土资源部耕地质量动态监测与评价(阜康市试点)项目。研究区未利用地的数据主要来源于2013年阜康市土地利用数据库以及变更数据(本研究的未利用地统计数据不包括新疆生产建设兵团)；土壤相关理化数据来源于农业部门测土配方施肥项目，≥10 ℃积温分布图主要来源于《新疆气象手册》；土壤侵蚀数据和年均降水量数据均来源于中国科学院资源环境科学数据中心的共享数据，其中土壤侵蚀强度主要依据《土壤侵蚀分类分级标准》(SL190-2007)进行划分；年均降水量主要利用反向距离加权平均的方法对原始的气象站点数据进行空间插值计算得到；河流年均径流量数据来源于阜康市水文志，河流流域面积由DEM数据进行水文分析得到，流域地均径流量为两者的比值；河网分布数据通过对阜康市的DEM进行空间分析得到，距河流距离是从DEM提取的河流数据进行缓冲区分析得到。定性方面的统计数据来源于阜康国民经济统计资料以及实地调查访谈资料。

1.3 研究方法

未利用地开发潜力区划分与其适宜性之间存在比较密切的关系，在适宜性评价结果的基础上测算开发潜力有利于更加科学地进行潜力区划分[10]。本文对阜康市的宜耕未利用地从事农业生产的条件进行适宜性评价，按照适宜性的等级确定各乡镇适宜耕作的未利用地的数量以及分布。根据未利用地适宜性等级的不同，按照未利用地开发潜力计算公式得到各乡镇未利用地开发潜力的大小，根据未利用地资源的比重、新增耕地潜力系数和新增耕地面积通过聚类分析对各乡镇潜力进行分区。

1.3.1 划分适宜性评价单元

评价单元作为土地评价的基本空间单元，是由土地特性相对比较均一的地块划分而成。土地评价单元划分的方法包括地块法、地理网格法、叠置法、多边形法等方法[11]。本研究主要采取地理网格法，根据阜康市未利用地的类型、分布等具体情况，以2012年土地利用现状图的未利用地图斑为基础底图，按照250 m×250 m的标准划分评价网格，全市的未利用地共划分出54 931个评价单元。

1.3.2 适宜性评价指标选取

未利用地资源的开发规模和效益是由农业区位条件、资源禀赋状况、生态环境等条件综合决定的，各个指标可以从不同方面反映出适宜性的高低。结合阜康市的区域特点、农业生产条件等具体情况，按照主导性原则、综合性原则、相对稳定性原则以及地域差异原则，选择12个指标建立未利用地开发利用适宜性评价指标体系(表 1)[12−13]。

表 1 研究区未利用地开发利用适宜性评价指标及标准

Table 1 The evaluation index system of agricultural exploitation suitability of unused land exploitation in the study area

评价指标 Evaluation index	适宜性等级标准 Criteria of suitability grade			
	高度适宜 Highly suitable	基本适宜 Basically suitable	勉强适宜 Reluctantly suitable	不适宜 Unsuitable
土壤含盐量 Soil salt content (%)	<0.1	0.1~0.3	0.3~0.5	≥0.5
土层厚度 Soil thickness (cm)	≥100	60~100	30~60	<30
土壤质地 Soil texture	壤土 Loam soil	黏土 Clay soil	砂土 Sandy soil	砾质土 Gravelly soil
有机质含量 Organic matter content ($g\cdot kg^{-1}$)	≥40	20~40	10~20	<10
地貌类型 Geomorphology type	冲积洪积扇中下部 Lower part of alluvial fan	冲积洪积扇上部 Upper part of alluvial fan	山前坡地 Piedmont slopes	沙漠边缘 Edge of desert
林地覆盖率 Coverage rate of forest (%)	80~100	60~80	40~60	<40
灌溉保证率 Irrigation guarantee rate	充分满足 Fully meeting	基本满足 Basically meeting	一般满足 General meeting	无灌溉条件 No irrigation
土壤侵蚀模数 Soil erosion modulus ($t\cdot km^{-2}\cdot a^{-1}$)	<2 500	2 500~5 000	5 000~10 000	≥10 000
≥10 ℃积温 ≥10 ℃ accumulative temperature (℃)	≥3 000	2 000~3 000	1 500~2 000	<1 500
距河流距离 Distance to river (m)	<1 000	1 000~2 000	2 000~3 000	≥3 000
流域径流量 Runoff volume of watershed ($m^3\cdot hm^{-2}$)	≥15 000	10 000~15 000	5 000~10 000	0~5 000
年均降水量 Annual precipitation (mm)	≥550	450~550	350~450	<350

指标分级标准主要参考《农用地质量分等规程》(GBT28407—2012)、中国科学院资源环境科学数据中心数据以及相关研究文献的取值范围确定[14−16]，分级界限上含下不含。Grading criteria of index for different suitability grades references Regulation for Gradation on Agriculture Land Quality (GBT28407—2012), data ranges of Data Center for Resources and Environmental Sciences (Chinese Academy of Sciences), as well as those related to research literatures[14−16]. The gradation boundaries contain upper limits but not lower limits.

1.3.3　生态位适宜度模型

未利用地资源开发利用后所形成自然环境条件因素构成了耕地利用的现实生态位，而影响因素应处于最理想值时构成耕地的需求生态位，生态位适宜度是指现实生态位与需求生态位之间的耦合关系，通过两者之间匹配程度可以反映现实中未利用地开发利用的适宜性程度。当评价单元中现实资源的生态位能完全达到作为耕地利用的理想条件时，则生态位适宜度为1；当评价单元中现实资源的生态位完全不能达到其理想条件要求时，则生态位适宜度为0。一般而言，宜耕未利用地资源的开发利用对于环境影响因子的需求通常可以分为3类[17]：

第Ⅰ类：环境因子应该不低于耕地资源可持续利用的最低要求，而且约束因子的现实生态位越大则对未利用地资源开发利用越有利，该因子生态位适宜度的计算公式如下：

$$S_i=\begin{cases}0 & (X_i<D_{i\min})\\ X_i/D_{iopt} & (D_{i\min}\leqslant X_i\leqslant D_{iopt})\\ 1 & (X_i>D_{iopt})\end{cases} \tag{1}$$

第Ⅱ类：环境因子的需求生态位应该处于一个适宜的区间之内，现实生态位过大或者过小都对未利用地资源开发利用产生不利影响，生态位适宜度的计算公式如下：

$$S_i=\begin{cases}0 & (X_i\leqslant D_{i\min}\ \text{or}\ X_i\geqslant D_{i\max})\\ (X_i-D_{i\min})/(D_{iopt}-D_{i\min}) & (D_{i\min}<X_i<D_{iopt})\\ (D_{i\max}-X_i)/(D_{i\max}-D_{iopt}) & (D_{i\max}<X_i<D_{iopt})\end{cases} \tag{2}$$

第Ⅲ类：环境因子的需求生态位应该低于耕地资源可持续利用的最高要求，现实生态位越小对未利用地资源开发利用越有利，生态位适宜度的计算公式如下：

$$S_i=\begin{cases}1 & (X_i\leqslant D_{iopt})\\ 1-(X_i-D_{i\max})/(D_{i\min}-D_{i\max}) & (D_{i\min}<X_i<D_{i\max})\\ 0 & (X_i>D_{i\max})\end{cases} \tag{3}$$

式中：S_i为未利用地资源开发的生态位适宜性度，X_i为评价单元中评价指标的现实生态位，$D_{i\min}$为评价因子现实生态位最小值，$D_{i\max}$为评价因子现实生态位最大值，D_{iopt}为评价因子的生态位理想值。

在指标体系中除定量因素外还有描述性的定性因素，定性指标的适宜度值参考农用地分等规程和农用地定级规程的指标分级标准。例如，灌溉保证率中充分满足为1，基本满足为0.8，一般满足为0.6，无灌溉条件为0；未利用地所处的地貌类型位于冲积洪积扇中下部为1，位于冲积洪积扇上部为0.8，位于山前坡地的为0.5，位于沙漠边缘的为0。

1.3.4　计算未利用地开发生态位适宜度指数

根据Shelford的耐性定律，生物群落的生存与发展与其周围的环境因子关系密切，当周围某项环境因子从数量或质量上达到或者超过生物的耐性限度时，生物将不能忍受极端条件而出现衰退现象。同理，未利用地转变的过程与周围环境因子之间也存在同样的互动关系，当任何一个影响因子达到或者超过耕地利用的极限值时，开发后的耕地质量与周围生态系统都会受其限制因素的影响出现下降；当未利用地开发的生态位适宜度达到或者趋近于1时，说明当前未利用地所处的环境条件适宜进行开发利用。阜康市未利用地开发为耕地的适宜度可由下列公式得到：

$$S=\left(\prod_{i=1}^{n}S_i\right)^{1/n} \tag{4}$$

式中：S为未利用地资源开发的生态位适宜度，n为约束未利用地开发的因子维数。

1.3.5　未利用地开发利用生态适宜性评价

以阜康市土地利用现状图为基础底图，采用网格法将未利用地块划分成为矩形评价单元，通过生态位适宜度模型计算未利用地开发利用的适宜度得分，根据评价单元得分的频数分布直方图来划分未利用地开发的适宜性等级(图2、表2)。

1.3.6　宜耕未利用地开发利用生态适宜潜力计算

阜康市宜耕未利用地开发利用的潜力是基于未利用地开发为耕地适宜性评价结果的基础之上的，本文以阜康市的乡镇为基本评价单元，利用未利用地开发潜力模型对未利用地开发的潜力进行计算，公式如下[18]：

$$S_{ij}=M_{ij}/M \tag{5}$$

$$F=\sum_{j=1}^{2}S_{ij}\cdot P_{ij} \tag{6}$$

$$\Delta G_i=G_i\cdot F \tag{7}$$

$$H=(N-1)/Q \tag{8}$$

式中：S_{ij}为i地区第j级适宜开发的未利用地面积占未利用地总面积比重，M_{ij}为i地区第j级适宜开发的未利用地面积，M为未利用地总面积，F为开发未利用地增加耕地的潜力指数，P_{ij}为i地区第j级未利用地开发适宜性的平均分值(由未利用地开发适宜性评价过程中得到)，ΔG_i为i地区新增耕地潜力，G_i为i地区的未利用地面积，H为地块破碎度，N为宜耕的未利用地的地块数量，Q为宜耕的未利用地平均地块面积。

通过对未利用地开发适宜性评价结果分析，结合研究区域处于生态脆弱区域的实际情况，选择高

度适宜和基本适宜耕作的未利用地作为可以开发的对象，根据未利用地开发潜力公式[公式(5)、(6)、(7)、(8)]，计算得到阜康市各乡镇未利用地开发利用的潜力。

2 结果与分析

2.1 未利用地开发利用生态适宜性及分区

由图2可知，阜康市南部山区、北部沙漠边缘由于自然条件的限制，分布着大片不适宜开发的未利用地。而高度适宜的未利用地主要零散分布于灌溉水源充足和地形较为平坦的山前冲积扇中下部地区，基本适宜开发利用的未利用地呈带状和片状分布在河流两岸以及中部山前冲积扇地区，勉强适宜开发的未利用地零散分布于基本适宜和不适宜的未利用地之间区域。

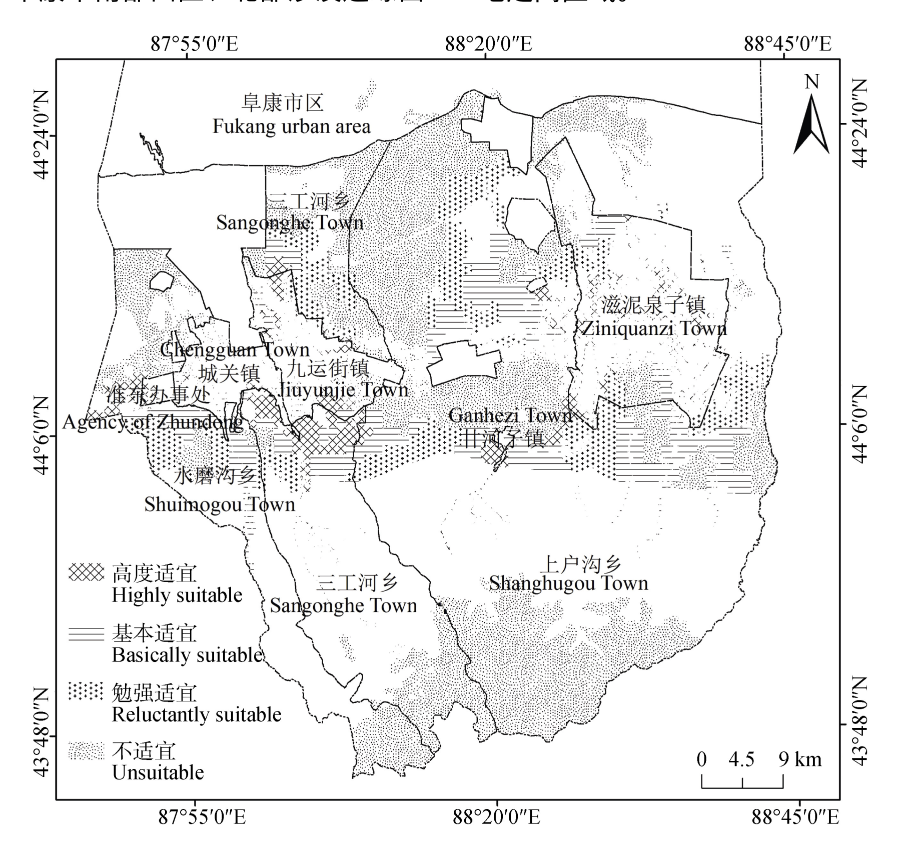


图 2 研究区未利用地开发利用适宜性空间分布图

Fig. 2 Suitability spatial distribution of agricultural exploitation of unused land in the study area

表 2 研究区各乡镇未利用地不同开发利用适宜性等级面积

Table 2 Areas of different grades of agricultural exploitation suitability of unused land in different towns of the study area hm^2

适宜性等级 Suitability grade	城关镇 Chengguan Town	阜康市区 Fukang urban area	甘河子镇 Ganhezi Town	九运街镇 Jiuyunjie Town	三工河乡 Sangonghe Township	上户沟乡 Shanghugou Township	水磨沟乡 Shuimogou Township	准东办事处 Agency of Zhundong	滋泥泉子镇 Ziniquanzi Town
高度适宜 Highly suitable	147.90	0.00	376.59	1 277.01	4 336.18	2 629.11	1 370.52	168.93	2 018.47
基本适宜 Basically suitable	98.12	0.00	62.88	381.92	3 422.60	18 371.85	3 746.39	24.26	1 331.43
勉强适宜 Reluctantly suitable	0.00	0.00	0.00	188.72	5 224.10	18 429.87	4 091.55	1.90	1 348.41
不适宜 Unsuitable	210.10	660.86	219.35	305.31	14 755.19	76 952.31	1 4594.54	0.00	2 271.03
未利用地 Unused land	456.12	660.86	658.81	2 152.95	27 738.07	116 383.15	23 803.00	195.10	6 969.35

根据评价结果可知，较适宜开发耕地的未利用地(主要包括高度适宜和基本适宜)占未利用地总面积的22.21%，主要分布在中部其他草地和内陆滩涂地区。该区域主要位于山前冲积扇中下部，土壤较为肥沃；地势呈东南向西北倾斜，地形起伏较小；土壤质地主要为砂壤土，土壤氮、磷、钾以及有机质含量高于周围地区；发源于天山山脉的白杨河、西沟河、三工河和黄山河等河流流经，为农业生产提供了充足灌溉水源；与此同时，远离北部沙漠景观区，土壤侵蚀度较小。因此，该区具有较好的农业

生产条件，未利用地资源较为适宜开发成耕地。勉强适宜耕作的未利用地仅占阜康市未利用地总面积的16.36%，主要分布在北部沙漠边缘和南部山前冲积扇上部。该区域有一定的地形起伏；土壤质地以砂土、黏土和砾质土为主，土壤有机质含量低于冲积扇下部地区；有甘河子等河流经该区域，水源相对比较充足。但是由于未利用地开发成为耕地的耕作条件并未完全具备，因此对勉强适宜的未利用地要坚持适度的开发原则，充分发挥未利用地的生态屏障作用。不适宜开发利用的未利用地占未利用地总面积的61.43%，主要分布在阜康天山北麓坡度较大的山前坡地、山前冲积扇边缘区域以及靠近北部沙漠边缘地区。该区域靠近北部古尔班通古特沙漠边缘，土壤质地和肥力较差，以砾质土和砂土为主；土地利用类型主要为裸地和沙地；林地覆盖率较低，多大风、沙尘等自然灾害，土壤侵蚀较为强烈；距离河流较远，水源不能保证农业生产的基本需求，该地区的未利用地应以保护为主，禁止随意开发利用。

2.2　宜耕未利用地开发利用生态适宜潜力及分区

根据潜力计算的结果，选择潜力指数、新增耕地潜力、乡镇未利用地面积、宜耕未利用地开发面积、宜耕未利用地比重、平均地块面积和地块破碎度等指标构成的矩阵，利用SPSS 20.0软件进行系统聚类分析[19–20]，得到聚类分析树状图，对阜康市未利用地开发利用的潜力进行分区，全市共分为5个潜力区(见表3、图3)。

表 3　研究区各乡镇宜耕未利用地开发潜力分区

Table 3　Zoning of agricultural exploitation potential of unused land in different towns of the study area

乡镇 Town	潜力指数 Potential index (%)	新增耕地潜力 Potential of newly increased arable land (hm²)	宜耕未利用地面积 Area of farming available unused land (hm²)	宜耕未利用地比重 Proportion of farming available unused land (%)	平均地块面积 Average area per plot (hm²)	地块破碎度指数 Fragmentation index (%)	潜力分区 Potential zoning
城关镇 Chengguan Town	44.24	201.79	246.02	53.94	6.15	6.34	Ⅳ
阜康市区 Fukang urban area	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Ⅴ
甘河子镇 Ganhezi Town	58.13	382.97	439.46	66.71	62.78	0.10	Ⅳ
九运街镇 Jiuyunjie Town	65.80	1 416.64	1 658.93	77.05	19.52	4.30	Ⅲ
三工河乡 Sangonghe Town	22.71	6 299.32	7 758.78	27.97	54.26	2.62	Ⅱ
上户沟乡 Shanghugou Town	13.08	15 222.92	21 000.97	18.04	50.73	8.14	Ⅰ
水磨沟乡 Shuimogou Town	16.20	3 856.09	5 116.91	21.50	46.10	2.39	Ⅱ
准东办事处 Zhundong Agency	86.63	169.02	193.19	99.02	32.20	0.16	Ⅳ
滋泥泉子镇 Ziniquanzi Town	39.44	2 748.71	3 349.91	48.07	17.72	10.61	Ⅲ

根据研究结果(图3)可知，研究区的未利用地开发潜力较大区域主要集中分布在东部和中部耕作条件较好地区。阜康市的未利用地Ⅰ级潜力区适宜开发未利用地的面积为21 000.97 hm²，可以新增耕地的潜力为15 222.92 hm²，主要分布于上户沟乡辖区内。该地区内的未利用资源面积最大且集中连片程度较高，虽然开发利用潜力指数较小，但依然是阜康市新增耕地潜力最大的乡镇，该区域的未利用地适宜优先开发利用。Ⅱ级潜力区适宜开发未利用地的面积为12 875.69 hm²，新增耕地潜力为10 155.41 hm²，主要分布在水磨沟乡和三工河乡。虽然该地区未利用地资源分布的数量较大，但受地形坡度较大和未利用地面积比较破碎等影响开发潜力指数较小，可以新增耕地面积较小。因此，该区域适宜对有条件的未利用地进行次级优先开发利用。Ⅲ级潜力区适宜开发未利用地的面积为5 008.84 hm²，可以新增耕地潜力为4 165.35 hm²，主要包括九运街镇和滋泥泉子镇。该乡镇虽然未利用地数量相对较少，但宜耕未利用地面积比重较大，且开发潜力指数和新增耕地潜力均较大。由于该区域具备良好的农业生产条件，地块的集中连片程度较高，未利用地资源适宜重点开发利用。Ⅳ级潜力区适宜开发未利用地的面积为878.67 hm²，可以新增耕地潜力为753.78 hm²，主要集中分布在城关镇、甘河子镇和准东办事处。该乡镇作为阜康市经济发展较快地区，城镇用地分布相对比较集中，宜耕的未利用地数量有限，可以新增耕地潜力较小，因此未利用地的开发利用应坚持适度原则。Ⅴ级潜力区主要由阜康市市区管理，

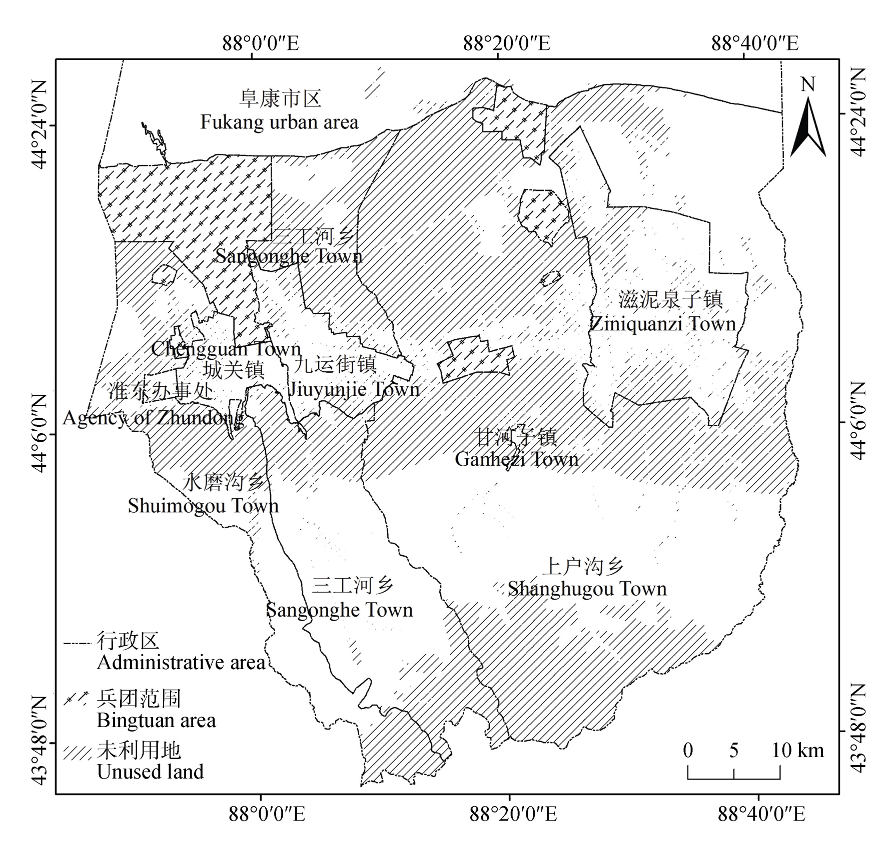


图 3　研究区未利用地开发潜力分区图

Fig. 3　Zoning map of agricultural exploitation potential of unused land exploitation in the study area

主要分布着天然牧草地和灌木林地，未利用地的面积为660.86 hm²。由于自然条件的限制，不具备开发为耕地利用的条件，该区域未利用地开发适宜性最低，新增耕地潜力也最小。

3　结论与讨论

阜康市地处西北干旱区农牧交错地带，生态环境相对较为脆弱。因此，必须按照因地制宜、生态保护、高效开发等原则进行适度开发。本文在参考农用地分等规程的基础上，选择对西北干旱地区未利用地开发利用约束性较大的因子构建指标体系，利用生态位适宜度模型对未利用地开发利用适宜性进行分析。由评价结果可知，阜康市适宜开发利用的未利用地为39 764.16 hm^2，占未利用地总面积的22.21%，主要分布于上户沟乡、水磨沟乡、三工河乡以及滋泥泉子镇等地区的其他草地和内陆滩涂。由于该地区光热水等条件良好，未利用地资源开发的生态位适宜度较高，因此未利用地开发利用具有较大的适宜性。

在适宜性分析的基础上利用系统聚类分析方法，对未利用地潜力指数、新增耕地潜力、平均地块面积、地块破碎度等指标进行聚类分析，可以将全市宜耕未利用地划分为5个潜力区。上户沟乡、水磨沟乡、三工河乡辖区内的宜耕未利用地所占比重和开发潜力指数均较小，而未利用地资源数量规模较大，因此可以新增耕地潜力也较大。但由于新增耕地潜力、地块破碎度指数以及宜耕未利用地所占比重等指标的差异，因此分别划分为Ⅰ级潜力区和Ⅱ级潜力区。九运街镇和滋泥泉子镇未利用地资源总量相对较少，但宜耕未利用地比重和开发潜力指数较大，新增耕地潜力依然较大，因此划分为Ⅲ级潜力区。城关镇、甘河子镇、准东办事处的辖区内未利用地面积受总量的限制，虽然宜耕的未利用地所占比重较大且开发潜力指数较大，但可以新增的耕地数量有限，属于Ⅳ级潜力区。阜康市区虽然分布着一定数量的未利用地，但均属于不适宜开发的范围，因此潜力最小，属于Ⅴ级潜力区。根据不同潜力区的类型，可以为阜康市未利用地的开发利用时序和空间提供借鉴，对于未来未利用地差别化开发利用模式的探索具有一定指导意义。

本文依据开发利用的审慎和适度原则，采用生态适宜度模型对未利用地开发利用的适宜性进行了探讨，评价结果基本能反映生态脆弱地区资源开发的实际情况。但由于考虑到部分指标数据获取的局限性和指标选择的典型代表性，因此文中主要从自然方面选择12个指标进行评价。但由于缺乏统一的

指标量化标准，在今后研究中需要对评价指标的选取以及量化分级做出进一步探讨。

文中对于未利用地开发潜力分区主要从未利用地分布、集中连片情况以及开发后耕地增量大小等方面选择指标，通过对潜力分区直观体现阜康市各乡镇的宜耕未利用地资源开发潜力大小，可以在时序和空间上为当地未利用地开发利用提供参考。但本研究仅从资源特点以及开发难易程度等角度出发进行分区，对于潜力区内未利用地的质量高低情况还有待进一步探讨。与此同时，在未利用地差别化利用模式方面，阜康市在今后开发未利用地的实践中需要根据其适宜性，坚持“宜农则农，宜牧则牧，宜建则建，宜荒则荒”的原则积极探索差别化开发利用的模式[21–22]。

参考文献 References

[1] 郑娟尔. 西北地区未利用地差别化管理的实践与思考[J]. 中国国土资源经济, 2012, 25(6): 15–17
Zheng J E. Practice and thought on different management of unused land in Northwest China[J]. Natural Resource Economics of China, 2012, 25(6): 15–17

[2] 韦仕川, 吴次芳, 杨杨. 黄河三角洲未利用地适宜性评价的资源开发模式——以山东省东营市为例[J]. 中国土地科学, 2013, 27(1): 55–60
Wei S C, Wu C F, Yang Y. The land development models in Yellow River Delta: Based on land suitability evaluation for unutilized land resources[J]. China Land Sciences, 2013, 27(1): 55–60

[3] 倪九派, 李萍, 魏朝富, 等. 基于 AHP 和熵权法赋权的区域土地开发整理潜力评价[J]. 农业工程学报, 2009, 25(5): 202–209
Ni J P, Li P, Wei C F, et al. Potentialities evaluation of regional land consolidation based on AHP and entropy weight method[J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(5): 202–209

[4] 类淑霞, 郝晋珉, 王丽敏. 生态脆弱区宜耕未利用土地开发适宜性评价——以山西省大同市为例[J]. 中国生态农业学报, 2011, 19(6): 1417–1423
Lei S X, Hao J M, Wang L M. Evaluation of exploitation suitability of unutilized arable lands in ecologically fragile areas — A case study of Datong City, Shanxi Province[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2011, 19(6): 1417–1423

[5] 吴克宁, 赵玉领, 吕巧灵, 等. 基于等级折算的宜农未利用地分等及应用——以河南省嵩县为例[J]. 资源科学, 2007, 29(5): 164–168
Wu K N, Zhao Y L, Lü Q L, et al. The application of the unused agricultural land classification based on quantity-quality conversion — A case study in Song County of Henan Province[J]. Resources Science, 2007, 29(5): 164–168

[6] 刘长胜, 卢伟, 金晓斌, 等. GIS 支持下土地整理中未利用地适宜性评价——以广西柳城县为例[J]. 长江流域资源与环境, 2004, 13(4): 333–337
Liu C S, Lu W, Jin X B, et al. Assessment on the suitability of unused land resources based on geographic information system in the course of land exploitation and arrangement — Taking Liucheng County in Guangxi Province as an example[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2004, 13(4): 333–337

[7] 代兵, 谷晓坤, 陈百明. 基于 GIS 的新疆后备耕地资源评价[J]. 农业工程学报, 2008, 24(7): 60–64
Dai B, Gu X K, Chen B M. GIS-based suitability evaluation of uncultivated arable land in Xinjiang Region[J]. Transactions of the CSAE, 2008, 24(7): 60–64

[8] 范兆菊, 张永福, 许萌. 新疆后备耕地资源的开发利用研究[J]. 干旱地区农业研究, 2005, 23(3): 177–181
Fan Z J, Zhang Y F, Xu M. Exploitation and utilization of cropland resources in support in Xinjiang[J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2005, 23(3): 177–181

[9] 蔡玉梅. 未利用地转为建设用地大有可为[J]. 中国土地, 2010(8): 27–31
Cai Y M. Bright prospects for unused land into construction land[J]. China Land, 2010(8): 27–31

[10] 袁磊, 赵俊三, 李红波, 等. 云南山区宜耕未利用地开发适宜性评价与潜力分区[J]. 农业工程学报, 2013, 29(16): 229–237
Yuan L, Zhao J S, Li H B, et al. Exploitation suitability evaluation and potential area zoning for arable unused land in mountainous areas of Yunnan Province[J]. Transactions of the CSAE, 2013, 29(16): 229–237

[11] 苏广实, 胡宝清, 罗华艳. 基于网格法与 ANN 的县域喀斯特土地可持续利用评价——以广西都安瑶族自治县为例[J]. 水土保持研究, 2010, 17(4): 262–268
Su G S, Hu B Q, Luo H Y. Evaluation of sustainable Karst land use at county regional level based on the method of lattice and ANN — A case of Du’an County in Guangxi[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2010, 17(4): 262–268

[12] 孙利军, 张仁陟, 黄高宝, 等. 黄土高原半干旱区保护性耕作适应性评价[J]. 中国生态农业学报, 2008, 16(5): 1122–1126
Sun L J, Zhang R Z, Huang G B, et al. Evaluation of adaptability of conservation tillage in Loess Plateau semi-arid areas[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2008, 16(5): 1122–1126

[13] 罗珠珠, 黄高宝, 蔡立群, 等. 黄土高原旱地土壤质量评价指标研究[J]. 中国生态农业学报, 2012, 20(2): 127–137
Luo Z Z, Huang G B, Cai L Q, et al. Assessment indicators of soil quality in rain-fed areas of the Loess Plateau[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2012, 20(2): 127–137

[14] 毛飞, 孙涵, 杨红龙. 干湿气候区划研究进展[J]. 地理科学进展, 2011, 30(1): 17–26
Mao F, Sun H, Yang H L. Research progress in dry/wet climate zoning[J]. Progress in Geography, 2011, 30(1): 17–26

[15] 姜益娟, 郑德明, 吕双庆, 等. 新疆农田土壤有机质含量及组成特征[J]. 干旱地区农业研究, 2003, 21(4): 61–64
Jiang Y J, Zhang D M, Lü S Q, et al. The composition features and content of organic matter in the cropland soils of Xinjiang[J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2003,

21(4): 61–64

[16] 王强, 包安明, 易秋香. 基于绿洲的新疆主体功能区划可利用水资源指标探讨[J]. 资源科学, 2012, 34(4): 613–619
Wang Q, Bao A M, Yi Q X. Discussion on the available water resources index for major function zoning in Xinjiang[J]. Resources Science, 2012, 34(4): 613–619

[17] 蒙莉娜, 郑新奇, 赵璐, 等. 基于生态位适宜度模型的土地利用功能分区[J]. 农业工程学报, 2011, 27(3): 282–287
Meng L N, Zheng X Q, Zhao L, et al. Land-use functional regionalization based on niche-fitness model[J]. Transactions of the CSAE, 2011, 27(3): 282–287

[18] 韦仕川, 刘勇, 栾乔林, 等. 基于生态安全的黄河三角洲未利用地开垦潜力评价[J]. 农业工程学报, 2013, 29(22): 244–251
Wei S C, Liu Y, Luan Q L, et al. Evaluation on reclamation potential of unused land of the Yellow River delta based on ecological security[J]. Transactions of the CSAE, 2013, 29(22): 244–251

[19] 葛菁华, 曾彬. 基于ARCGIS的土地开发潜力测算与分级——以宝鸡市陇县为例[J]. 地下水, 2012, 34(6): 187–190
Ge J H, Zeng B. Research on calculation and classification of land development potentiality based on ARCGIS — A case study in Baoji City, Long County[J]. Ground Water, 2012, 34(6): 187–190

[20] 王筱明, 闫弘文, 卞正富. 基于适宜性的济南市宜耕未利用地开发潜力评估[J]. 农业工程学报, 2010, 26(2): 307–312
Wang X M, Yan H W, Bian Z F. Exploitation potential of unutilized land suitable for cultivated land based on its suitability in Jinan City[J]. Transactions of the CSAE, 2010, 26(2): 307–312

[21] 李倩. 西北未利用地开发之青海: 破题差别化政策[J]. 中国土地, 2010(7): 8–12
Li Q. Development of unused land in northwest region — A breakthrough in differentiated policy in Qinghai Province[J]. China Land, 2010(7): 8–12

[22] 陈超, 曹磊. 中部五省低丘缓坡区耕地后备资源开发利用对策分析[J]. 中国农业资源与区划, 2013, 34(2): 37–42
Chen C, Cao L. Analysis on the development and utilization of reserve sources of cultivated land of low hilly woodland area in central section five provinces[J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2013, 34(2): 37–42